

文档编号: AN_137

上海东软载波微电子有限公司

应用笔记

ES7P2131

修订历史

版本	修订日期	修改概要
V1.0	2021-12-09	初版发布
V1.1	2022-03-21	1. 增加 ADC 使用注意事项; 2. 增加基线更新时间计算说明。
V1.2	2022-07-07	1. 增加软件抖频说明; 2. 增加 ADC 模块 CHOP 使用注意事项; 3. 纠正内部基准描述 1.024V 为 1.0V。

地 址：中国上海市徐汇区古美路 1515 号凤凰园 12 号楼 3 楼

E-mail: support@essemi.com

电 话：+86-21-60910333

传 真：+86-21-60914991

网 址：<http://www.essemi.com/>

版权所有©

上海东软载波微电子有限公司

本资料内容为上海东软载波微电子有限公司在现有数据资料基础上慎重且力求准确无误编制而成，本资料中所记载的实例以正确的使用方法和标准操作为前提，使用方在应用该等实例时请充分考虑外部诸条件，上海东软载波微电子有限公司不承担或确认该等实例在使用方的适用性、适当性或完整性，上海东软载波微电子有限公司亦不对使用方因使用本资料所有内容而可能或已经带来的风险或后果承担任何法律责任。基于使本资料的内容更加完善等原因，上海东软载波微电子有限公司保留未经预告的修改权。使用方如需获得最新的产品信息，请随时用上述联系方式与上海东软载波微电子有限公司联系。

目 录

内容目录

第 1 章	ES7P2131 应用注意	4
1.1	IO 模块.....	4
1.2	ADC 模块.....	4
1.2.1	高低速配置.....	4
1.2.2	CHOP 禁止.....	4
1.3	TK 模块.....	4
1.3.1	概述.....	4
1.3.2	功耗选择 (TKHPEN).....	4
1.3.3	Cx 电容放电时间选择 (TKDIST).....	4
1.3.4	比较器输出滤波时间选择 (TKCFT).....	4
1.3.5	按键降耦 (TKDCE).....	5
1.3.6	错误标志位 (TKINTF).....	5
1.3.7	TK 模块工作.....	5
1.3.8	充放电时钟硬件抖频 (TKJFE).....	5
1.3.9	充放电时钟软件抖频 (SFEN).....	5
1.3.10	数据模式选择 (TKMS).....	5
1.3.11	合并扫描结果 (TKSDA).....	5
1.3.12	按键充放电开关占空比 (TKDUS).....	6
1.3.13	低功耗应用 TK 库.....	6
1.3.14	基线更新时间计算.....	6
第 2 章	ES7P2131 模块例程	7
2.1	系统时钟模块.....	7
2.2	GPIO 模块.....	7
2.3	低电压检测 (LVD) 模块.....	7
2.4	8 位定时/计数器 (T10).....	8
2.4.1	定时模式.....	8
2.4.2	计数模式.....	8
2.5	16 位多功能定时器 (T20/T21).....	8
2.5.1	定时模式.....	8
2.5.2	双精度 PWM 模式.....	9
2.6	ADC 程序模块.....	9
2.7	外部中断程序模块.....	10
2.8	内部 FLASH 读写模块.....	10
2.9	UART 通讯程序模块.....	11
2.9.1	UART 收发.....	11
2.9.2	单线模式.....	11
2.10	I2C 从动模块.....	12

第1章 ES7P2131 应用注意

1.1 IO模块

仿真时调试口不能设定为高阻态，否则程序无法正常执行。

1.2 ADC模块

1.2.1 高低速配置

模拟输入在选择内部基准 1.2V 或 1.0V 时，需将 ADC 配置为低速模式（低于 1MHz）。

1.2.2 CHOP禁止

目前版本芯片校准时默认 CHOP 禁止，应用时注意保持 ADCTL2[1](保留位) = 0。

1.3 TK模块

1.3.1 概述

ES7P2131 芯片最多支持 20 个触摸按键，1 路按键补偿通道。TK 模块工作频率支持 4MHz、2MHz、1MHz、0.5MHz，并且最高可支持 8MHz 工作(占空比须为 1/2)。模块抗干扰性增强，支持按键降耦功能、抖频功能，抖频范围为($\pm 3\%$, $\pm 25\%$)。可支持 6 种工作模式：单通道单次扫描、单通道多次扫描、多通道单次轮询扫描、多通道单次合并扫描、多通道多次轮询扫描、多通道多次合并扫描。TK 模块采样数据可选择充电次数或者充电时间作为数据单位，数据结果可为原始计数值输出或者经放大系数运算后比值。TK 模块多次采样模式时，可对各通道采样数据进行累加或者平均输出。

1.3.2 功耗选择 (TKHPEN)

默认使能电流增强功能使得 TK 通道 C_p 充放电波形正常工作时，其波形应近似为方波。增加模块稳定性能。

1.3.3 C_x 电容放电时间选择 (TKDIST)

TK 模块使用时若工作在单通道模式下， C_x 放电时间最低可选择 $32 \cdot T_{osc}$ 。但若工作于多通道轮询扫描模式下，通道扫描切换由硬件完成，速度较快，为保证在下一通道充放电之前 C_x 已放电完全，放电时间最少需选择 $128 \cdot T_{osc}$ 。特别的，在使用 TK 外部触发功能的低功耗模式下最少需选择 $512 \cdot T_{osc}$ 保证充电电压有足够的稳定时间。

1.3.4 比较器输出滤波时间选择 (TKCFT)

TK 模块充放电速度较快，因此比较器输出滤波时间建议最低选择 $4 \cdot T_{osc}$ 。若选择无滤波或者 $2 \cdot T_{osc}$ 则可能会出现模块工作一段时间后异常，此时可通过 $TKEN = 0$ 关闭模块然后再重启，使模块继续正常工作。

1.3.5 按键降耦 (TKDCE)

按键降耦功能与 TK0 通道共用 PA0 引脚, 因此若使用按键降耦功能, 则 PA0 不可用作 TK0 功能。同时, PA0 在使用降耦功能时, 在 PCB 布线时该引脚所连接 Pad 须以 Guard 形式环绕所使用的 TK 通道。

降耦功能可选择同频同相波形工作模式, 在此模式下, 各 TK 选择通道在受到触摸后, 采样数据变化增大, 即受到触摸前后 TK 输出值差值增大, 更容易检查各通道是否有受到触摸, 通道检测触摸的穿透性更强, 其中 TK1 通道性能增强最为明显。但芯片工作电压为 4--5V 时, TK1 增强过大, 会出现 SCANOV 溢出错误, 因此建议芯片工作电压为 4--5V 时, 降耦功能选择同频同相时可避开 TK1 通道, 芯片工作电压为 2.7--4V 时, 所有通道性能均可正常增强。

降耦功能选择同频反相波形工作模式后, TK 通道穿透性能减弱, 触摸前后采样数据变化减小, 该功能可用于须减弱信号检测的工作场合。

1.3.6 错误标志位 (TKINTF)

TK 模块工作于单通道模式下, 则各错误标志位均对应于当前所选择的 TK 通道。但若工作于多通道模式下, 任一通道发生错误均会置位错误标志。

1.3.7 TK模块工作

TK 模块必须先使能 (TKEN= 1), 并延时一段时间 (保证充电电压稳定) 后再启动 (TKGO= 1)。所选 TK 通道扫描完成后, 各通道数据存储在对应的数据寄存器中 (TKxDAL、TKxDAH), 并且 TKGO 由硬件完成清 0。TK 模块关闭 (TKEN = 0) 后, 各数据寄存器中采样值均清 0。

1.3.8 充放电时钟硬件抖频 (TKJFE)

为增强 TK 模块抗干扰性能, 增设抖频功能。以按键充放电开关频率 4MHz 为例说明, 若未打开抖频功能 (TKJFE = 0), Cp 充放电波形为固定频率的 4MHz 的方波, 在该情况下, 若外界干扰频率近似 4MHz, 此时 TK 通道性能受该干扰影响较大, 有可能使按键检测迟钝。若打开抖频功能 (TKJFE = 1) 后, Cp 的充放电波形则为变频的方波, 频率变化范围为 (2--8MHz), 在该情况下, 加诸同等强度的近似 4MHz 的外界干扰, TK 通道性能受干扰影响明显减弱至少 70%, 抗干扰性能显著增强。需注意打开硬件抖频功能会对时钟源选择 HRC 的外设产生一定影响, 如常温下抖频范围选 12% 时波特率最大支持到 19200, 而选择 25% 时串口通讯失败, 此时可以选择只抖动 TK 时钟的模式。

1.3.9 充放电时钟软件抖频 (SFEN)

开启软件抖频后, CMUDIV 与 TKFS 设置的频率无效, 以软件抖频频率为准。

1.3.10 数据模式选择 (TKMS)

TK 模块若打开抖频功能后, 触摸按键模式选择必须设置以充电次数做数据单位, 否则 TK 采样数据无物理意义。若抖频功能禁止后, 触摸按键模式则无约束。

1.3.11 合并扫描结果 (TKSDA)

TK 模块若为单通道工作模式, 则合并扫描结果寄存器 (TKSDAL、TKSDAH) 的采样结果即

等于所选通道的采样值。若工作于多通道模式时，则等于所选择的 TK 通道中最小序号的采样值。多通道合并模式充放电频率 4M 下若合并通道超过 8 个以上，受负载影响波形会发生充不满的情况。

1.3.12 按键充放电开关占空比 (TKDUS)

默认使用 1/2 配置，选择 1/4 时 CP 有充不满的情况。

1.3.13 低功耗应用TK库

TK 库中的低功耗应用使用了外部触发功能，由 WDT 触发 TK 工作及唤醒。芯片低功耗进入 Idle 状态将自动清零 TKVREF_EN，由 WDT 唤醒后需通过软件使能。TKVREF 稳定至少需要 200us 以上，若按键个数少于 8 个，处理所需的时间就较少，唤醒处理完按键数据后就需要软件做延时处理。

1.3.14 基线更新时间计算

按键充放电扫描时间由硬件和环境决定，实际时间需测量按键充放电波形计算时间后决定。若单个按键的充放电扫描时间为 150us，则基线更新时间为：

$$150 * TK_NUM * TK_Samples_perscan * TK_BaseSamples_perscan \text{ us}$$

第2章 ES7P2131 模块例程

2.1 系统时钟模块

操作说明:

7P2131 芯片提供 2 种振荡器, 内部高速 RC 振荡器(16MHz)和内部低速 RC 振荡器(32KHz)。本例程中初始化时钟均初始化为选择高速时钟, 不分频, 所以系统时钟初始为 16MHz。本例程中有 4 个测试 case。分别实现从 HRC 16M 切换到 8M / 4M / 2M 和 32KHz LRC 时钟源。使能时钟输出功能, 在 CLK0 (PB0) 引脚固定 128 分频输出系统时钟。

实现步骤:

- a) 初始化 RAM;
- b) 选择其中一个测试 case, 进行时钟切换, 从 CLK0 输出系统时钟。

2.2 GPIO模块

操作说明:

本芯片最多支持 26 个 I/O 端口, 共分为 PA, PB, PC, PE 共 4 组。所有 I/O 端口都是 TTL/SMT 输入和 CMOS 输出驱动。端口驱动能力可配置。

本例程实现 PB7 口输出, PB6 口检测 PB7 口电平状态。

实现步骤:

- a) 初始化 RAM 和端口;
- b) 改变 PB7 端口输出状态, 检查 PB6 口数值是否符合预期。

2.3 低电压检测 (LVD) 模块

操作说明:

使用 ES7P2131 芯片的 LVD 模块, 检测 VDD 电源。

本例程实现电压检测, 当发生 VDD 电压从 2.8V 以上掉到 2.8V 以下时, PB1 口电平翻转, 同时 VDD 高于 2.8V 时, PB2 输出低电平, VDD 低于 2.8V 时, PB2 输出高电平。

实现步骤:

- a) 初始化 RAM 和端口;
- b) 配置 LVD 模式及触发电压等;
- c) 使能 LVDIE 和 GIE;
- d) 在主函数中获取 LVD 输出状态并通过 IO 输出;
- e) 在中断服务函数中检测 LVDIF, 若是 LVD 引起的中断则清除中断标志, IO 翻转。

2.4 8 位定时/计数器 (T10)

2.4.1 定时模式

操作说明:

使用芯片的 T10 定时器模块, 在 PB1 端口输出一个周期为 4ms, 占空比 50% 的方波。

芯片使用 16MHz 系统时钟, 则对应的 T10 定时器时钟源周期为 0.0625us。将预分频器分配给 T10 定时器, 分频比为 1: 64。

实现步骤:

- a) 初始化 RAM 和端口;
- b) 初始化 T10 定时器;
- c) 使能 T10IE, GIE 中断;
- d) 使能定时器;
- e) 中断服务程序中判断中断标志, 确定是 T10 中断后则清除 T10IF 标志位;
- f) 先得到当前计数值, 然后再设置定时初值为 0 (由于没有重载功能, 所以定时初值需要重新设置), 翻转 IO。

2.4.2 计数模式

操作说明:

使用芯片的 T10 异步计数模式, PA4 (T10CKI) 与 PA5 短接, PA5 模拟外部时钟输入, 当计数到发生溢出中断时, PC1 电平翻转。

实现步骤:

- a) 初始化 RAM, 端口;
- b) 初始化 T10 定时器为同步计数模式;
- c) 使能 T10IE, GIE 中断;
- d) 使能定时器;
- e) PA5 端口电平翻转, 模拟一次时钟上升沿 (PA5 与 PA4 T10CKI 短接);
- f) 读取 T10 计数值, 查询是否进行了一次计数;

2.5 16 位多功能定时器 (T20/T21)

2.5.1 定时模式

操作说明:

使用 ES7P2131 芯片的 T20 timer 模块, 实现定时器功能。

本例程实现 T20 的定时功能, 在 PB1 端口输出一个周期为 4ms, 占空比 50% 的方波。

芯片使用 16MHz 系统时钟，则对应的 T20 定时器时钟源周期为 0.0625us。设置预分频比为 1:8。T20P 寄存器初始值的计算公式应为：

$$2\text{ms}/0.0625\text{us} = \text{T20} \times 8 \text{ (预分频比)}, \text{ 计算得到 } \text{T20P} = 4000(0x0FA0)。$$

实现步骤：

- a) 初始化 RAM 和端口；
- b) 配置 T20 模块；
- c) 使能 T20VIE(溢出中断)，GIE 中断；
- d) 使能定时器，等待计数器溢出中断；
- e) 进入中断服务程序后判断并清中断标志，重载初值，翻转 IO。

2.5.2 双精度PWM模式

操作说明：

使用芯片的双精度 PWM 模式，在 PA5 端口及 PA6 端口实现周期为 100us~50us，占空比分别为 25%及 50%的方波输出（其中周期分四次递减至 50us，再将周期重新装载，占空比不变，以次反复）。

芯片使用 16MHz 系统时钟，则对应的 T20 定时器时钟源周期为 1/16MHz。T20 的预分频采用：1:1，T20 周期寄存器 T20P 初始值计算公式应为：

$$\text{PWM 周期 } 100\text{us} = \text{T20P} \times (1/16\text{MHz}) \times 1 \text{ (预分频比)},$$

$$\text{计算得 T20P 初值 PERIOD} = 1600 \text{ (0x0640)}。$$

$$\text{PWM 脉宽 } 50\text{us} = \text{T20PR} \times (1/16\text{MHz}) \times 1 \text{ (预分频比)},$$

$$\text{计算得 T20R 初值 DUTY21} = 800 \text{ (0x0320)}。$$

这里以 PA5 端口的输出方波为例。PWM 占空比 50% = T20R / T20P。

使用时注意周期时间若设置过短（测试为 20us 内）会发生占空比更新延迟的情况。

实现步骤：

- a) 初始化 RAM，端口；
- b) 初始化 T20 为双精度 PWM 模式，输出极性低有效，使能 PWM200 和 PWM201，时钟不分频，分别设置周期寄存器和双精度寄存器；
- c) 使能 T20 定时器，周期中断及全局中断；
- d) 在中断服务程序中判断并清标志，重新设置周期寄存器和双精度寄存器。

2.6 ADC程序模块

操作说明：

使用 ES7P2131 芯片的 ADC 模块，采用查询方式实现对模拟输入电压的数字量转换。

ES7P2131 最多支持 10 个输入通道，最大转换分辨率为 12bit。

本例程实现对 AIN0 通道进行模数转换，测量的数字量保存在 ADC_AIN0[]数组中。

实现步骤：

- a) 初始化 RAM，端口；
- b) 初始化配置 ADC 模块，选择通道 0 进行 A/D 转换，使能 ADC 模块；
- c) 启动两次 A/D 转换，忽略前两次获得的数据；
- d) 获得 A/D 转换值，将结果保存在 ADC_AIN0[]数组中。

2.7 外部中断程序模块

操作说明：

使用 ES7P2131 的外部中断功能，对 PINT0 (PB7 端口) 外部电平变化进行判别。PINT0 (PB7 端口) 的双边沿或上升沿会产生外部中断标志，若使能外部中断和全局中断，则会进入中断函数。

例程实现对 PB6 口进行电平进行电平检测，将 PB6 与 PB7 端口短接，PB7 作为输出模拟电平变化，PBO 口作为中断标志位，发生一次中断 PB0 口电平进行一次翻转。

实现步骤：

- a) 初始化 RAM，端口；
- b) 配置为双边沿触发；
- c) 使能外部中断，使能全局中断；
- d) 改变 PB6 输出状态使与之相连接的 PB7 (PINT0) 检测到电平变化；
- e) 有电平变化则进入中断服务程序，清除中断标志并翻转 IO。

2.8 内部FLASH读写模块

操作说明：

ES7P2131 内部有 16K 字 FLASH 程序存储器，程序存储器中可配置 1K 字作为 FLASH 数据存储区。

查表读操作通过查表读指令将 FRA 所指向的地址单元中的两个字读入 ROMD 和 ROMD1 中。

数据 FLASH 的写以双字为单位，写操作前必须先擦除所写单元所在的页，故写数据 FLASH 时包含三个基本操作：数据备份，页擦除和字编程。

芯片页擦除时间至少为 2ms，单个地址编程时间至少为 30us，此期间芯片处于暂停状态。

对 DataFLASH 存储器读/写操作前，芯片配置字中需使能 IAPEN 位。

建议用户在执行页擦除操作时关闭 WDT(在配置字选项中关闭)，避免执行擦除操作时因看门狗复位导致芯片误操作。如果使能 WDT，须设置合理的 WDT 溢出时间，并合理清狗。建议用户在执行擦写操作前关闭总中断使能位 GIE，避免执行擦写操作时因中断导致芯片误操作。

关于 Flash 存储器的可靠性操作方法详见《AN062_应用笔记_MCU 片内非易失性存储器操作》。

例程中 Flash 操作对 IAP 数据区操作，向 4000H 地址（DataFLASH 起始地址）写入 16 个字节数据，所以应该先对该页进行擦除，然后向其中写 16 个字节数据，接着从此地址开始读出 16 个字节数据进行校验看是否成功写入 DataFLASH。

实现步骤：

- a) 初始化 RAM, WDT;
- b) 初始化地址并读取当前数据;
- c) 重新初始化地址并执行页擦除;
- d) 准备填入的数据 buffer 并执行 flash 写操作;
- e) 重新初始化地址并执行 flash 读操作。

2.9 UART通讯程序模块

2.9.1 UART收发

操作说明：

异步收发器支持 8/9 位数据格式，支持高速/低速模式。

波特率计算公式：

低速模式：BRGHn=0, Baudrate=Fosc/(64×(BRR<7:0>+1))

高速模式：BRGHn=1, Baudrate=Fosc/(16×(BRR<7:0>+1))

UART 通讯时，发送/接收中断标志通过写/读对应的 Buffer 硬件自动清零，通过 USB 转串口模块，和 PC 机相连进行数据通信。

例程实现 UART 接收和发送功能，初始化先发送一个字符串<UART>，接着在中断中接收并将接收的值再发出。9600bps，8 位数据格式。

实现步骤：

- a) 初始化 RAM, 端口;
- b) 初始化 uart, 设置波特率位 9600, 默认为 8 位模式;
- c) 执行发送;
- d) 使能 UART 接收及 GIE 中断;
- e) 在中断服务程序中处理接收数据并将接收的值再发出。

2.9.2 单线模式

操作说明：

1.使用 ES7P2131 芯片的 UART 模块 TX 脚，需要外部上拉。

2.本例程实现 UART 发送与接收功能，主机先发送 40123，接着接收从机发送的 45678 可更

改 TX_num 值实现任意长度的数据发送与接收。9600bps, 8 位数据格式。

实现步骤:

- a) 初始化变量, 初始化 uart, 设置波特率位 9600, 默认为 8 位模式;
- b) 配置为发送或者接收模式;
- c) 使能 GIE 中断;
- d) 在中断服务程序中处理发送接收数据。

2.10 I2C 从动模块

操作说明:

当 I2CSRIF 标志位置 1, 且 I2CRW 位为 0 时表示主机写从机, 即从机接收数据。从机接收数据缓冲器满时, 中断标志位 I2CRBIF 置位, 读取一次接收数据缓冲器 I2CRB, I2CRBIF 标志位自动清零, 其他使用注意事项请参考芯片数据手册。

当 I2CSRIF 标志位置位, 且 I2CRW 位为 1 时表示主机读从机, 即从机发送数据。I2CTB 发送数据缓冲器不满时, 中断标志位 I2CTBIF 置位, 写发送数据缓冲器 I2CTB, 若数据缓冲器写满, I2CTBIF 标志位自动清零, 若发出一个字节, 数据缓冲器未写满, 则中断标志位 I2CTBIF 置位。

从机接收到 STOP 信号时, 收发数据缓冲器不会自动清零, 需置位 I2CRST 位来软件复位 I2C 模块。复位后, 需重新初始化 I2C 模块。

例程中主机写一个数据给从机, 再读回两个数据。从机将接收到的数据以原码和反码的形式发回给主机。

实现步骤:

- a) 初始化 RAM, 端口;
- b) 复位 I2C 模块;
- c) I2C 端口使能, 设为上拉及开漏输出, 发送应答 ACK;
- d) 设置从机的地址, 中断功能使能;
- e) 使能 I2C 模块及 I2C 通讯中断;
- f) 使能 GIE;
- g) 在中断服务函数中对 I2C 的中断状态标志和 I2C 状态标志做判断并处理。